

Demostració de nous models de gestió per a l'adaptació al canvi climàtic dels alzinars del massís del Montnegre-Corredor

LÍDIA GUITART XARPELL i MARTÍ ROSELL IBARZ

Associació de Propietaris Forestals del Montnegre i el Corredor

Resum

El context de canvi climàtic fa necessària una gestió dinàmica que garanteixi la preservació de les masses forestals. L'objectiu d'aquest estudi és la demostració de nous models de gestió per als alzinars del Montnegre-Corredor adaptats al canvi climàtic. Per assolir-ho, s'han definit nous models silvícoles, s'han aplicat en zones pilot i se n'ha fet l'anàlisi amb GOTILWA+. Els models silvícoles resultants, caracteritzats per actuacions suaus i rotacions curtes, permeten una adaptació més gran al canvi climàtic i alhora mantenen la productivitat. En un futur caldrà fer un seguiment dels models en termes de creixement, regeneració i sotabosc.

Paraules clau

Alzinars, Montnegre-Corredor, GOTILWA+, canvi climàtic, models silvícoles

Resumen

Demostración de nuevos modelos de gestión para la adaptación al cambio climático de los encinares del macizo del Montnegre-Corredor

El contexto de cambio climático hace que sea necesaria una gestión dinámica que garantice la preservación de las masas forestales. El objetivo de este estudio es la demostración de modelos de gestión para los encinares del Montnegre-Corredor adaptados al cambio climático. Para conseguirlo se han definido nuevos modelos silvícolas, se han aplicado en zonas piloto y se han analizado con GOTILWA+. Los modelos silvícolas resultantes, caracterizados por actuaciones suaves y rotaciones cortas, permiten una mayor adaptación al cambio climático y al mismo tiempo mantienen la productividad. En un futuro, deberá realizarse un seguimiento de los modelos en términos de crecimiento, regeneración y sotobosque.

Palabras clave

Encinares, Montnegre-Corredor, GOTILWA+, cambio climático, modelos silvícolas

Abstract

Demonstration of New Management Models for Adaptation to Climate Change in the Holm-oak Forests of the Montnegre-Corredor Massif

The context of climate change calls for dynamic management to ensure the preservation of forests. The aim of this study is the demonstration of management models for holm-oak forests in el Montnegre-Corredor geared towards adapting to climate change. To that end we have mapped out new silvicultural models, applied them in pilot areas and examined them with GOTILWA+. The resulting silvicultural models characterised by soft interventions and short rotations enable greater adaptation to climate change and maintain productivity. In the future models will have to be monitored in terms of growth, regeneration and understory.

Keywords

Holm-oak forests, Montnegre-Corredor, GOTILWA+, climate change, silvicultural models

Introducció

En els darrers anys s'ha constatat que els efectes del canvi climàtic són cada cop més evidents. S'ha observat un increment de la temperatura i una tendència a la disminució de precipitacions que ha comportat una presència més elevada d'episodis climàtics extrems (p. ex., sequeres). A llarg termini, tot i les incerteses d'aquests tipus de prediccions, la major part de models climàtics coincideixen que aquesta tendència s'intensificarà. En aquest sentit, els resultats del projecte ACCUA (PLA i PASCUAL, 2011) preveuen que a la conca de la Tordera hi haurà un increment de la temperatura mitjana de 0,3 °C i una disminució de la precipitació anual del 9,3% en el període 2006-2030. Aquest fet pot comportar alteracions en els alzinars, com ara reduccions del creixement de la massa, afectació en la regeneració (producció de llavors més baixa i problemes de rebrotada) i canvis en la distribució a llarg termini. A més, moltes zones del massís del Montnegre-Corredor es caracteritzen per una densitat boscosa abundant derivada de l'abandonament rural i de la manca de gestió forestal. Aquest fet empitjora la situació, ja que comporta una disminució del vigor dels alzinars, un increment de la competència pels recursos i menys resistència a episodis climàtics extrems i altres riscos biòtics (plagues) o abiòtics (incendis).

Així doncs, per tal de millorar aquesta problemàtica és important aplicar una gestió forestal dinàmica adaptada al canvi climàtic, que permeti augmentar la resistència i la resiliència de les masses forestals i millori l'eficiència en l'ús de l'aigua, i que, a més, pugui compaginar-se amb la producció de recursos. En aquest sentit, en les últimes dècades, s'ha anat potenciant la gestió forestal del massís a partir de la planificació i execució d'actuacions definides en els instruments d'ordenació forestal. A més, també s'han elaborat diversos documents de consens sobre la gestió forestal sostenible que cal aplicar al nostre territori, com ara les Orientacions de gestió forestal sostenible a Catalunya (ORGEST) (VERICAT *et al.*, 2011) i altres manuals d'hàbitats que incorporen recomanacions de gestió en aquest context climàtic. Amb totes aquestes eines, el següent pas és definir els criteris de gestió dels alzinars adaptats al canvi climàtic i que s'ajustin millor a les característiques del massís.

Objectius

L'objectiu general d'aquest estudi és la demostració de nous models de gestió ajustats als alzinars del Montnegre-Corredor que incorporin orientacions d'adaptació al canvi climàtic. Per tal d'assolir l'objectiu general, s'han dut a terme els objectius específics següents: *a)* definició de nous models de gestió per als alzinars del Montnegre-Corredor; *b)* aplicació dels models en zones pilot, i *c)* anàlisi dels models en el context de canvi climàtic mitjançant GOTILWA+.

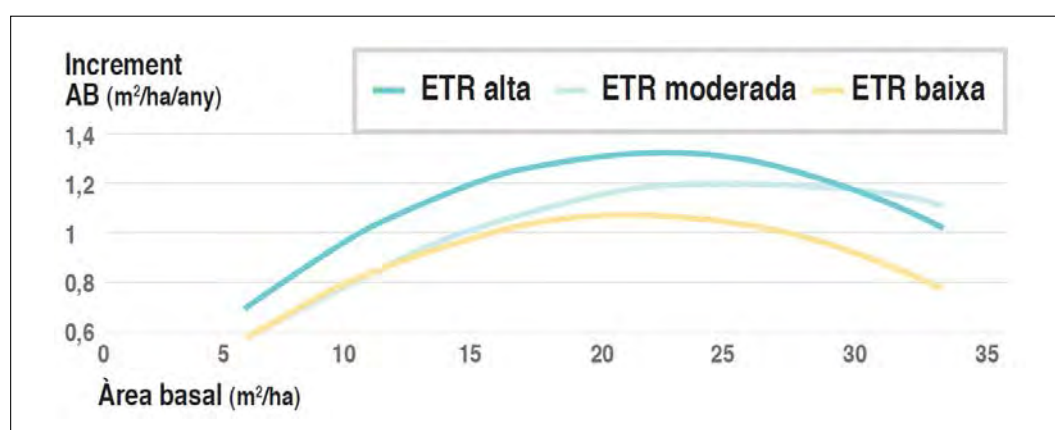
Metodologia

Definició de nous models de gestió

El primer pas de l'estudi ha estat definir els models de gestió per als alzinars del massís. Per fer-ho, s'ha partit dels models de gestió irregulars per a alzinars que descriuen les ORGEST (VERICAT *et al.*, 2011) i s'han contrastat amb l'experiència de gestió aplicada a algunes finques del Montnegre. La gestió observada en aquestes finques es caracteritzava per tallades més suaus i recurrents (cada 10-15 anys) que les que descriuen diferents models de gestió bibliogràfics. Amb tot, els anys posteriors a les tallades, s'havia pogut constatar un control més gran del sotabosc que en altres finques on s'havien executat tallades més intenses, conseqüència d'una proporció més alta de cobertura arbòria. Això feia pensar en una possible millora en la resiliència de la massa i també en l'eficiència de l'ús de l'aigua, de manera que les tallades suaus i recurrents han estat l'objectiu del plantejament dels nous models de gestió.

Per tal de poder quantificar els paràmetres de les tallades, també s'ha fet ús de diferents criteris descrits en *Els alzinars. Manual de gestió d'hàbitats* (GRÀCIA i ORDÓÑEZ, 2009) utilitzant l'àrea basal¹ (AB) com a indicador. Un d'aquests criteris mostra que el creixement anual d'un alzinar (en termes d'increment d'àrea basal) per a diferents situacions d'evapotranspiració real (ETR)² és màxim quan la massa presenta entre 20 i 25 m²/ha (figura 1). En conseqüència, alzinars amb una AB de 25 m²/ha es troben en el moment de màxim creixement, de manera que es considera el moment idoni per fer la tallada i que la massa pugui recuperar les existències extretes més ràpidament.

Figura 1. Creixement en àrea basal (AB) en funció de l'AB de la parcel·la i l'evapotranspiració real (ETR)



Font: Gràcia i Ordóñez, 2009.

1. Àrea basal: suma de la superfície ocupada per totes les seccions transversals dels troncs a 130 cm d'alçada.
2. Evapotranspiració real: quantitat real d'aigua que passa a l'atmosfera; com més alta és, més quantitat d'aigua poden utilitzar les plantes.

D'altra banda, a l'hora de definir els models de gestió, a més d'aconseguir que reflecteixin la situació del Montnegre-Corredor, millorin la resistència i la resiliència de la massa i l'ús dels recursos hídrics, també es pretén que es puguin compaginar amb la productivitat. Així doncs, també s'ha incorporat a la definició dels models un criteri d'extracció d'entre 25 i 30 m³/ha a cada tallada per tal d'assegurar una rendibilitat suficient.

Finalment, s'han determinat tres models de caràcter irregular per a l'alzina diferenciats segons les qualitats d'estació presents al massís (A, B i C, en què A és la més bona) els quals es caracteritzen per tallades suaus i rotacions curtes.

Aplicació dels models en zones pilot

El pas següent ha estat fer una demostració d'aquests models *in situ* mitjançant l'execució de proves pilot. Per ubicar les zones on es durien a terme els treballs, en primer lloc, s'han preseleccionat zones representatives de les masses d'alzina del Montnegre-Corredor, diferenciant les qualitats d'estació existents a gran escala. La distinció de les qualitats d'estació A, B i C s'ha fet sobre mapa a partir de valors pluviomètrics (dades de l'*Atlas climàtic de Catalunya*), d'orientació i pendent (obtinguts a partir del Model digital del terreny). Seguidament, s'han distribuït les parcel·les per fer les proves pilot (circulars i de 10 m de radi) mitjançant un mostreig dirigit. La ubicació d'aquestes parcel·les s'ha fet sobre el terreny utilitzant com a referència les zones preseleccionades i, dins d'aquestes zones, cercant àrees de qualitat d'estació representativa a partir de les claus de classificació de PIQUÉ *et al.* (2014) i de les alçades dominants de les masses (Ho), i, alhora, amb clar domini d'alzina (evitant les masses mixtes). En l'establiment de les parcel·les també s'ha tingut en compte que complissin l'AB mínima que fixen els models per tal de poder dur a terme la tallada (25 m²/ha), per a la qual cosa s'ha mesurat l'AB de la massa mitjançant un relascopi de cadena. Finalment, s'han ubicat vuit parcel·les distribuïdes de la manera següent: tres parcel·les en zones de qualitat A; tres en zones de qualitat B, i dues en zones de qualitat C (ja que són més escasses i la major part formen masses mixtes) ([taula 1](#), [figura 2](#)).

A continuació, en cadascuna de les parcel·les establertes s'ha fet un inventari abans i després de les tallades on s'han mesurat els diàmetres normals (a 1,30 m d'alçada) de tots els peus presents i se n'ha fet el càlcul posterior de densitats, àrees basals i volums. Seguidament, s'han aplicat els models a partir d'un marcatge dels peus que s'havien de tallar i se n'ha executat la tallada. El marcatge s'ha dut a terme utilitzant els criteris qualitatius i quantitatius (mitjançant la mesura de l'AB i un full de càlcul Excel) que especifiquen els models. Aquest marcatge ha estat útil per poder veure les diferències de criteri i intensitat de tallada entre la gestió aplicada fins ara i els nous models que defineix aquest estudi, i ha permès determinar les indicacions necessàries que cal proporcionar als talladors ([figura 3](#)).

Taula 1. Característiques de les parcel·les pilot: nom, finca, municipi, altitud, orientació pendent, precipitació i alçada dominant (Ho). El nom fa referència al número de parcel·la i la qualitat

Nom	Finca	Municipi	Altitud (m)	Orientació	Pendent (%)	Precipitació (mm anuals)	Ho a camp (m)
1A	Can Casalins	Tordera	607	SE	11	668	13,9
2A	Can Casalins	Tordera	604	SW	20	736	12,0
3A	Cal Cases	Sant Celoni	499	NW	60	861	11,5
1B	Can Terrades	Tordera	515	SE	13	650	12,0
2B	Ca l'Agustí	Sant Celoni	356	NE	45	769	11,0
3B	Cal Cases	Sant Celoni	468	NW	50	816	10,0
1C	Can Riu	Tordera	161	SE	55	798	9,5
2C	Can Riu	Tordera	219	NE	60	780	8,5

Figura 2. Ubicació de les parcel·les on s'han desenvolupat les proves pilot

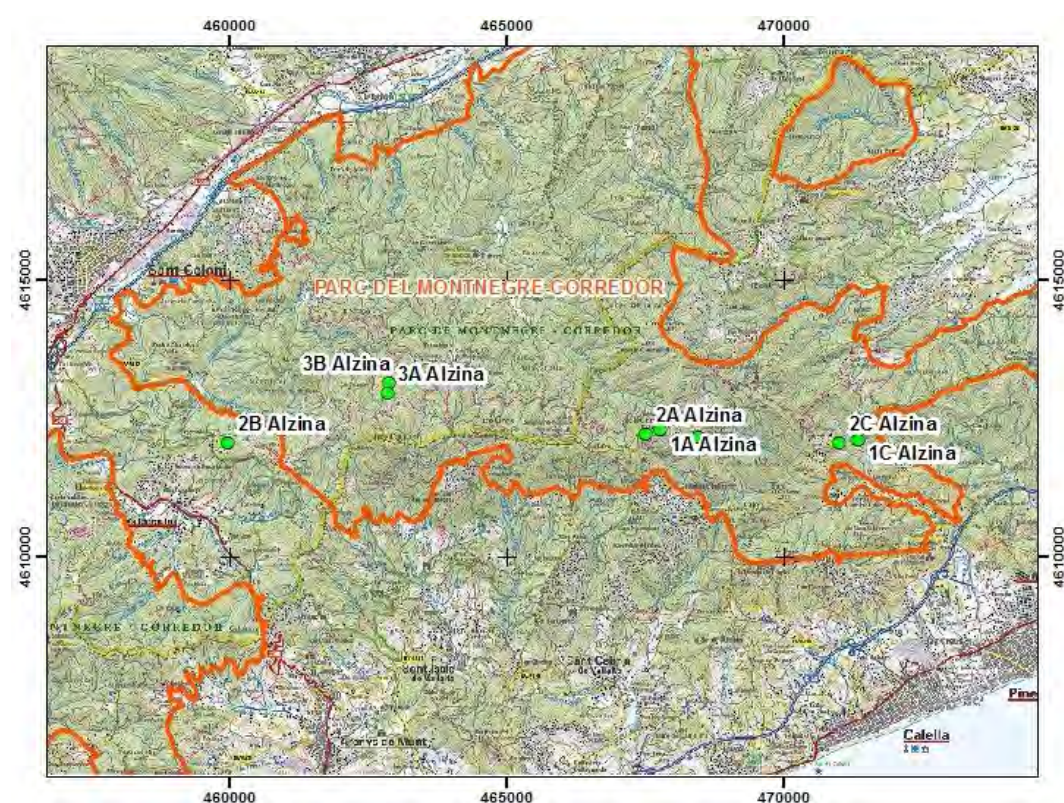


Figura 3. Fotos de les parcel·les durant el marcatge i l'execució de les actuacions



Simulació dels nous models mitjançant el model climàtic GOTILWA+

Finalment, per tal de testar els models de gestió en el context de canvi climàtic s'ha fet ús del model climàtic GOTILWA+ (GRÀCIA, 2014), el qual permet determinar el desenvolupament de les masses a partir de l'anàlisi dels fluxos d'aigua i carboni del medi. Es tracta d'un model de simulacions monoespecífic que se centra en els *inputs* següents: ecofisiologia de l'espècie analitzada; dades climàtiques i edafològiques de les zones de mostreig; distribucions diamètriques de la massa que cal analitzar, i criteris de gestió. Els *outputs* del model són extensos i es basen en el creixement arbori, característiques del sòl, etc.

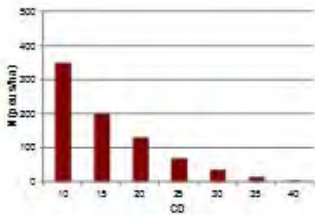
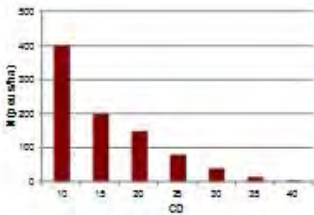
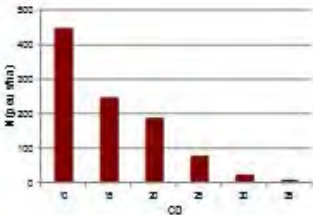
En primer lloc, per tal de garantir la fiabilitat del model, s'ha fet un test de coherència a partir dels valors de creixement de parcel·les dels inventaris forestals nacionals 2 i 3 (IFN2 i IFN3) on se n'han escollit les parcel·les més pròximes i similars a les parcel·les de l'estudi. Un cop fet aquest test, el model GOTILWA+ ja es troba preparat per fer les simulacions. Així doncs, per fer-les, primerament s'ha definit el context climàtic a partir de les dades derivades de la regionalització climàtica de la zona del Montnegre, generada pel Servei Meteorològic de Catalunya per al període 1984-2100 en els escenaris A2 i B1 (en què A2 és la situació més desfavorable climàticament) de l'informe del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) de 2007. Seguidament, s'han aplicat els models de gestió d'aquest estudi introduint com a *inputs* els paràmetres edafològics de les zones de les parcel·les pilot, les distribucions diamètriques ideals dels models i els paràmetres de gestió. Un cop abocats els *inputs* s'han fet les simulacions de cada model. A més, s'han dut a terme simulacions utilitzant els models ORGEST irregulars per a l'alzina (qualitats A i B, ja que per a la qualitat C només es presenten models regulars) a fi de poder comparar els resultats d'aquests models amb els dels models que defineix el nostre estudi.

Resultats i discussió

Definició de nous models de gestió

El primer resultat d'aquest estudi és la caracterització dels tres nous models per a les qualitats A, B i C dels alzinars del Montnegre-Corredor.

Figura 4. Models de gestió irregulars dels alzinars del Montnegre-Corredor: característiques de cada model, corbes ideals (densitat respecte a classes diamètriques), fotos i criteris qualitatius i quantitius generals

MODELS		
Qualitat A	Qualitat B	Qualitat C
AB mín.: 18 m ² /ha	AB mín.: 20 m ² /ha	AB mín.: 21 m ² /ha
Densitat: 805 p/ha	Densitat: 890 p/ha	Densitat: 1.005 p/ha
Diàmetre màx.: 40 cm	Diàmetre màx.: 40 cm	Diàmetre màx.: 35 cm
		
		
Criteris qualitatius (afavorir)	Criteris quantitius	
• Peus no dominats amb bona capacitat de resposta • Peus de bona estabilitat física • Repartiment homogeni • Peus de llavor i fomentar els rebrots d'arrel • Espècies secundàries • Peus que aguantin talussos • Peus morts amb cavitats, nius o singulars	• FCC alta (70-80%) • Període de rotació: 8 anys • Extracció > 30 m³/ha • Fer l'actuació: - Quan la massa superi els 25 m²/ha - Abans que la massa assoleixi 30 m²/ha • AB per extreure: 20-25%	

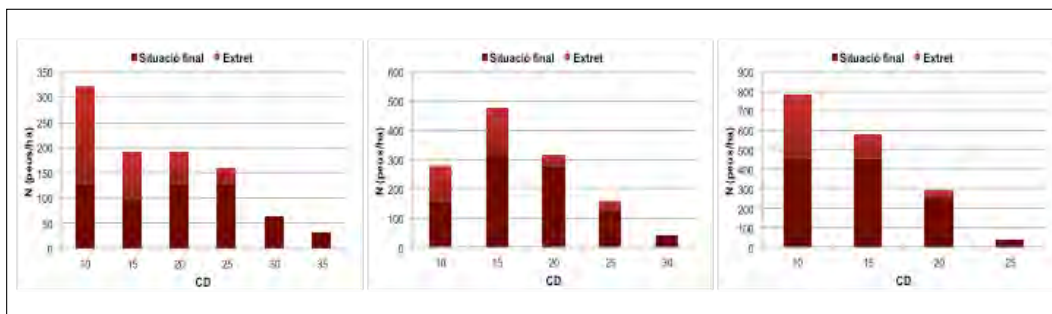
En la **figura 4** podem veure les característiques particulars de cada model per a cada qualitat d'estació, a més dels criteris quantitius i qualitatius generals. Es tracta de models caracteritzats per tallades suaus i rotacions curtes que

potencien cobertes més tancades que evitin la proliferació del matollar però alhora en permetin la regeneració. S'utilitza l'AB com a indicador de les actuacions. Així, es proposa dur a terme les actuacions quan la massa superi els 25 m²/ha d'AB i, si és possible, abans que superi els 30 m²/ha (ja que el creixement anual disminueix; vegeu la [figura 1](#)) deixant una AB residual mínima d'entre 18 i 21 m²/ha, en funció de la qualitat d'estació. Un cop fetes les tallades, s'ha calculat que un període de rotació de vuit anys és suficient perquè la massa recuperi els 25 m²/ha d'AB inicials. De totes maneres, el moment d'execució de les tallades sempre està determinat per l'AB, és a dir, si al cap de vuit anys de l'última tallada no s'han recuperat els 25 m²/ha d'AB, s'ha d'esperar a tallar fins que s'assoleixi aquest valor. Els models també incorporen una quantitat més elevada d'arbres grans (40 cm) sense tallar, per efectes paisatgístics i de biodiversitat.

Aplicació dels models en zones pilot

Pel que fa a l'aplicació dels nous models a les zones pilot, podem veure que s'han extret peus de totes les classes diamètriques ([figura 5](#)). A la pràctica, és molt difícil ajustar la realitat a la corba ideal, ja que inevitablement s'extreuen força peus de diàmetres petits, tant perquè dificulten el desenvolupament de peus més vigorosos com perquè dificulten l'execució de les actuacions. Així doncs, a l'hora d'executar els models previstos ha de prevaldre el seguiment dels criteris qualitatius o quantitius més que la corba ideal.

Figura 5. Densitat (peus/ha) en funció de la classe diamètrica en les parcel·les de qualitat A, B i C

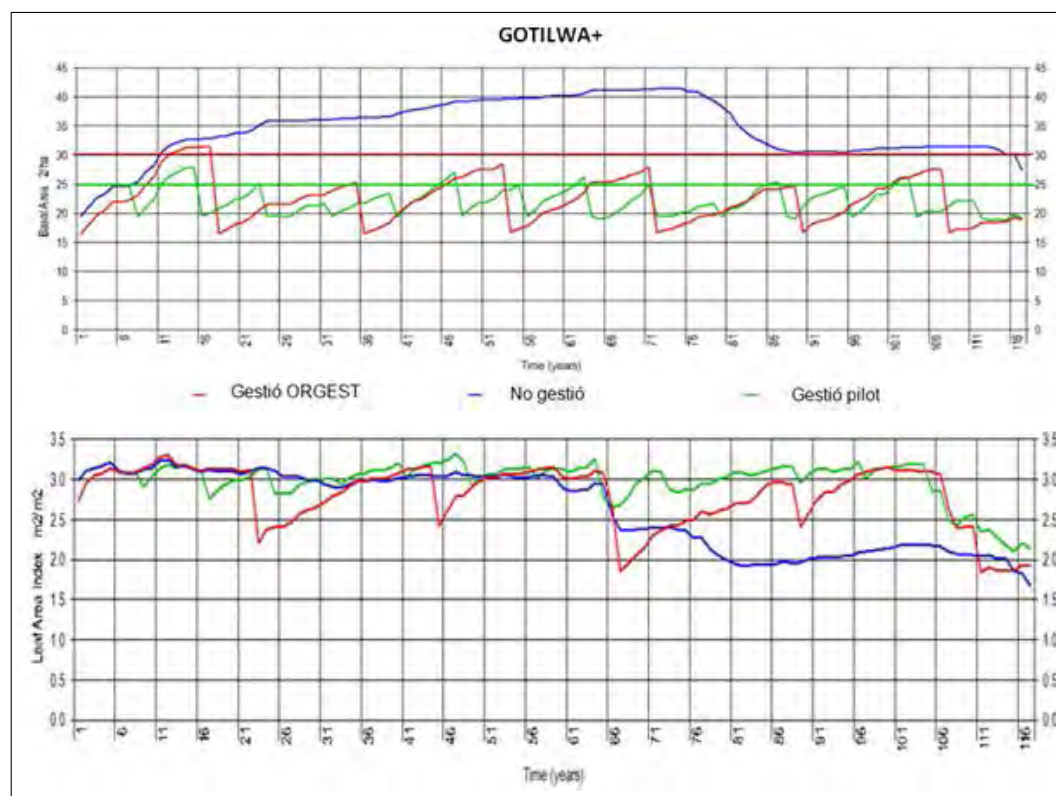


a) Parcel·la de qualitat A (1A); b) parcel·la de qualitat B (3B); c) parcel·la de qualitat C (2C). En vermell fosc es mostra la distribució després de la tallada; en vermell clar, els peus extrets.

Simulacions dels nous models mitjançant el model climàtic GOTILWA+

De les simulacions fetes amb el model climàtic GOTILWA+ s'obté un ampli ventall de resultats. Alguns dels més representatius són la variació d'AB i l'índex d'àrea foliar (LAI) al llarg dels temps que mostra la [figura 6](#).

Figura 6. a) Àrea basal (m^2/ha) i b) índex d'àrea foliar (LAI) (m^2/m^2), per als models de gestió de qualitat A d'alzinars en l'escenari climàtic A2 durant el període de temps de 1984-2100



En blau es mostra la corba ideal dels models pilot sense gestió; en verd, aplicant la gestió pilot, i en vermell, aplicant la gestió ORGEST. En el gràfic d'àrea basal es destaca amb una línia horitzontal l'AB mínima de tallada de 25 m^2/ha dels models pilot (verd) i de 30 m^2/ha dels models ORGEST (vermell).

Observant els valors d'AB de la [figura 6](#), podem veure que en els nous models de gestió, al final de la rotació, és a dir, al cap de vuit anys de l'última tallada, l'alzinar torna a recuperar els 25 m^2/ha inicials en la major part dels casos. En canvi, els models ORGEST, caracteritzats per tallades una mica més fortes i períodes de rotació més llargs, tenen més dificultats per recuperar l'AB mínima de tallada al final de la rotació. Els resultats són similars per a les diferents qualitats d'estació i escenaris climàtics, així com pel que fa al LAI, respecte al qual els models de gestió d'aquest estudi també presenten més facilitat per recuperar els valors inicials després de les tallades. Per tant, en general, els models d'aquest estudi permeten una bona capacitat de recuperació de la massa forestal en el context de canvi climàtic. Cal tenir en compte, però, que els valors estan força influenciats per la pluviometria, de manera que un any especialment sec pot fer disminuir els creixements de tal manera que al final de la rotació no s'assoleixi l'AB mínima. És important, doncs, fer prevaldre els indicadors d'AB mínima assolida per sobre del període de rotació (8 anys) per tal de determinar el millor moment per tallar. Finalment, cal constatar que el volum extret total al final del període analitzat (1984-2100) és similar en els models de l'estudi i en els OR-

GEST, és a dir, fent tallades suaus i recurrents s'obté un volum final similar al que s'obté amb tallades més fortes i menys freqüents.

Conclusions

La conclusió general d'aquest estudi és que els models definits, caracteritzats per actuacions suaus i recurrents, permeten una adaptació més gran dels alzinars al canvi climàtic i, alhora, mantenen la productivitat de les tallades.

Més concretament, la viabilitat d'aquests models també es tradueix en una sèrie d'avantatges tant ecològics com econòmics. Així, des del punt de vista ecològic, tallades més suaus permeten una silvicultura més pròxima a la natura amb una recuperació de la massa més ràpida que possibilita una millora de la resistència i la resiliència. A més, es creen discontinuïtats verticals que disminueixen la vulnerabilitat als incendis i altres pertorbacions fomentades arran del canvi climàtic. També suposen una millora del paisatge, dels usos socials i de la biodiversitat a causa, entre d'altres, d'una presència més elevada d'arbres grans. D'altra banda, des del punt de vista econòmic, la recurrència de les actuacions permet extreure rendes amb més freqüència. A més, un cop els models es desenvolupin, es preveu que els costos d'estassada es redueixin, ja que la cobertura més gran de la massa arbòria permetria un control natural del sotabosc. D'aquesta manera, només seria necessària una actuació important sobre el sotabosc durant la primera intervenció.

Tot i els avantatges esmentats, encara hi ha una sèrie de reptes futurs que cal fer front per tal de millorar el desenvolupament dels models. Així, d'una banda, és especialment important la difusió dels models, que siguin incorporats tant a la planificació com a l'execució de les actuacions. En aquest sentit, caldrà formar els talladors perquè interioritzin els criteris qualitatius i, sobretot, quantitatius dels models; així com fer un control i seguiment de l'execució mitjançant la mesura de l'AB com a indicador. D'altra banda, caldria fer un seguiment a llarg termini tant del creixement arbori com del desenvolupament del sotabosc i rebrotada per tal de veure els efectes reals dels models pel que fa al creixement i la regeneració de la massa i també respecte a termes de rendibilitat de les actuacions.

Bibliografia

- CREAF-DMAH (1988-2008): MiraBosc On Line. Consultes en línia de l'INF2, IEFC i INF3. Sistema d'Informació de Boscos de Catalunya (SIBosC). <<http://natura.uab.es/mirabosc/>> [Última consulta: 30 juliol 2014].
- GRÀCIA, Carles (2014): GOTILWA+ v. 3.0. Barcelona: CREAM i Universitat de Barcelona.

- GRÀCIA, Marc; ORDÓÑEZ, José Luis (coord.) (2009): *Els alzinars. Manuals de gestió d'hàbitats*. Barcelona: Diputació de Barcelona. 181 pàgines.
- GRÀCIA, Carles; SABATÉ, Santiago; SÁNCHEZ, Anabel (2003): *GOTILWA+. An integrated model of forest growth*. Model documentation and User's guide (draft document).
- IPCC (2007): *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- PIQUÉ, Miriam; VERICAT, Pau; CERVERA, Teresa; BAIGES, Teresa; FARRIOL, Ricard (2014): *Tipologies forestals arbrades*. Barcelona: Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. (Sèrie Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya —ORGEST—).
- PLA, Eduard; PASCUAL, Diana (2011): *Adaptacions al canvi climàtic en l'ús de l'aigua (ACCUA). Memòria Final 2011*.
- REGATO, Pedro (2008): *Adapting to global change: Mediterranean forests*. Màlaga: IUCN. 254 pàgines.
- VERICAT, Pau; PIQUÉ, Miriam; BELTRÁN, Mario; CERVERA, Teresa (2011): *Models de gestió per als boscos d'alzina (Quercus ilex subsp. ilex) i carrasca (Quercus ilex subsp. ballota): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. Barcelona: Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. (Sèrie Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya —ORGEST—).
- VERICAT, Pau; PIQUÉ, Miriam; SERRADA, Rafael (2012). *Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus mediterráneos*. Solsona: Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.